

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: 23320101153107

UDC\_\_\_\_\_

厦门大学

硕士学位论文

单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的设计与实现

The Design and Implementation of Real-time GPS Signal Simulator With Single Channel

杨 耀

指导教师姓名: 张贻雄 副教授

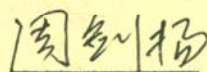
陈凌宇 助理教授

专业名称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2013 年 月

论文答辩日期: 2013 年 月

学位授予日期: 2013 年 月

答辩委员会主席: 

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 月

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名): 初耀

2013年5月24日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）： 杨 耀

2013 年 5 月 24 日

厦门大学博硕士论文摘要库

## 摘要

GPS 卫星导航系统可以提供高精度、全天时、全天候的定位、导航和授时服务，是一种可供海、陆、空、天领域军民用户共享的信息资源。随着 GPS 卫星导航的广泛应用，GPS 接收机的性能受到用户的广泛关注。而 GPS 卫星实时信号模拟源可为 GPS 接收机的研制开发、测试提供仿真环境，并且检验接收机的捕获跟踪能力，有着重要的研制价值。

本文以 GPS 卫星信号模拟源的原理为基础，设计了一种单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的实现结构，在研究了 GPS 卫星实时信号模拟源设计的三个关键技术（运动插值模型、载波 NCO 的设计、码 NCO 的设计）的基础上完成单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的软硬件设计。本文的主要工作如下：

首先，本文介绍了 GPS 卫星信号模拟源的原理，并着重阐述了 GPS 卫星轨道理论、GPS 信号传输时间及多普勒效应，为 GPS 卫星信号模拟源设计做了必要的理论准备。

其次，本文对到达接收端的 GPS 信号模型进行讨论，并设计出由参数生成模块、中频信号生成模块和射频模块三个部分构成的单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的实现结构。在此基础上，文章通过对模拟伪距变化引入运动插值模型的方法解决 GPS 卫星信号模拟源的实时性问题，并分别针对二阶和三阶运动插值模型进行介绍和误差分析；对载波 NCO 和码 NCO 的原理进行介绍，并通过推导得到伪距变化与载波 NCO、码 NCO 的对应关系。最终依据伪距率精度  $0.001\text{m/s}$  的设计要求，确定对运动插值模型、载波 NCO 和码 NCO 设计中涉及的重要参数的选择。

最后，本文提出了单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的设计方案，详细阐述了参数生成模块、中频信号生成模块和射频模块这三个主要模块的硬件实现及软件设计方法。并对实现的系统进行了频谱观测、硬件接收机和软件接收机验证等一系列测试，测试结果表明本系统产生的 GPS 信号正确有效。

**关键词：**GPS 模拟源；实时；插值模型

厦门大学博硕士论文摘要库



## Abstract

Global Positioning System (GPS) can provide positioning, navigation and timing services to civil and military users in areas of land, sea, air and space with high precision any time in any weather. As GPS is playing more and more important part in many fields, users attach more importance to the performance of GPS receiver. And real-time GPS signal simulator can provide simulation environment in which GPS receivers can be researched, explored and tested. Above all it can be used to test the capture and tracking performance of GPS receiver. Therefore, it has great value to develop real-time GPS signal simulator.

Based on the principles of GPS simulator, one kind of implementation architecture for real-time GPS signal simulator with single channel is presented. After studying and analyzing the three key technologies of real-time GPS signal simulator, which are motional interpolation model, design of carrier NCO and design of code NCO, software and hardware design of real-time GPS signal simulator with single channel are finished. The main works of this dissertation are listed as follows:

Firstly, for necessary preparation for the design of GPS simulator, this paper introduces the principles of GPS simulator, and does more illustration about theory of GPS satellite orbit, GPS signal propagation time and Doppler effect.

Secondly, GPS signal model in the receiver end is discussed, and then the implementation architecture of real-time GPS signal simulator is presented, which is composed of three module: parameter generation module, IF signal generation module and RF module. Based on the implementation architecture, motional interpolation model is introduced for simulating the variety of Pseudo-range to solve the problem of real-time requirement in design of GPS simulator. Following by discussing second-order and third-order motional interpolation model, error analysis is carried out for each of them. This paper specifies the principles of carrier NCO and

code NCO, then gets correspondence relationship between Pseudo-range variety and Control Word of carrier NCO and code NCO. After these, choosing of main parameters in the design of motional interpolation model, carrier NCO and code NCO is completed according to the design requirement for changing rate of Pseudo-range, which is 0.001 meter per second.

Finally, the system scheme of real-time GPS signal simulator with single channel is presented, then hardware implementation and software design for the system is discussed with detail, which is composed of three main modules, including parameter generation module, IF signal generation module and RF module. At last, a serial of test are carried out, such as spectrum observation, GPS hardware receiver verification and GPS software receiver verification. The test result shows that GPS signal generated by the implemented system is correct and effective.

**Keywords:** GPS Simulator; Real-time; Interpolation Model

# 目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
目录.....	V
Contents .....	IX
<b>第 1 章    绪论 .....</b>	<b>1</b>
1.1    课题研究背景与意义 .....	1
1.2    国内外研究现状 .....	2
1.2.1    软件模拟源.....	2
1.2.2    硬件模拟源.....	2
1.3    本文的工作与结构 .....	3
<b>第 2 章    GPS 卫星信号模拟源的原理.....</b>	<b>5</b>
2.1    GPS 系统简介.....	5
2.1.1    空间部分.....	5
2.1.2    地面监控部分.....	6
2.1.3    用户部分.....	6
2.2    GPS 卫星信号的特性.....	6
2.2.1    GPS 卫星信号构成 .....	7
2.2.2    C/A 码 .....	8
2.2.3    导航电文.....	11
2.3    GPS 卫星轨道理论及计算.....	12
2.3.1    空间坐标系.....	13
2.3.2    GPS 卫星轨道理论 .....	15
2.3.3    信号传输时间及多普勒频移.....	16
2.4    本章小结 .....	22

<b>第 3 章</b>	<b>GPS 卫星实时信号模拟源的结构及关键技术 .....</b>	<b>23</b>
3.1	GPS 卫星实时信号模拟源的结构.....	23
3.1.1	单通道 GPS 信号数学模型 .....	23
3.1.2	单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的实现结构 .....	25
3.2	运动插值模型 .....	27
3.2.1	二阶运动插值模型.....	28
3.2.2	三阶运动插值模型.....	34
3.2.3	插值模型与更新频率确定.....	39
3.3	载波 NCO.....	44
3.3.1	原理.....	44
3.3.2	伪距变化与载波 NCO 的对应 .....	45
3.3.3	重要参数选择.....	47
3.4	码 NCO.....	48
3.4.1	原理.....	48
3.4.2	伪距变化与码 NCO 的对应 .....	49
3.4.3	重要参数选择.....	50
3.5	本章小结 .....	51
<b>第 4 章</b>	<b>系统设计与实现.....</b>	<b>53</b>
4.1	系统方案 .....	53
4.2	主要模块设计 .....	54
4.2.1	参数生成模块.....	54
4.2.2	中频信号生成模块.....	59
4.2.3	射频模块.....	65
4.3	系统硬件及测试 .....	65
4.3.1	硬件实物.....	65
4.3.2	系统测试.....	66
4.4	本章小结 .....	73
<b>第 5 章</b>	<b>总结与展望.....</b>	<b>75</b>

5.1	工作总结 .....	75
5.2	后期工作展望 .....	76
参考文献 .....		77
致谢.....		81

厦门大学博硕士论文摘要库

厦门大学博硕士论文摘要库

## Contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English .....</b>	<b>III</b>
<b>Contents in Chinese .....</b>	<b>V</b>
<b>Contents in English.....</b>	<b>IX</b>
<b>Chapter1 Preface .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Research Background and Meaning .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Domestic and International Research Status .....</b>	<b>2</b>
1.2.1 Software Simulator .....	2
1.2.2 Hardware Simulator .....	2
<b>1.3 Work and Organization of the Dissertation .....</b>	<b>3</b>
<b>Chapter2 Principles of GPS Signal Simulator.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Introduction to GPS System .....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Space Segment .....	5
2.1.2 Control Segment .....	6
2.1.3 User Segment .....	6
<b>2.2 Features of GPS Signal.....</b>	<b>6</b>
2.2.1 GPS Signal Structure .....	7
2.2.2 C/A Code.....	8
2.2.3 Navigation Data .....	11
<b>2.3 Theory of GPS Satellite Orbit and Related Computation .....</b>	<b>12</b>
2.3.1 Space Coordinates.....	13
2.3.2 Theory of GPS Satellite Orbit.....	15
2.3.3 Signal Propagation Time and Doppler Effect .....	16
<b>2.4 Summary.....</b>	<b>22</b>

## **Chapter3 Architecture and Key Technology of GPS Simulator .....23**

### **3.1 Architecture of Real-time GPS Simulator .....23**

#### 3.1.1 Mathematical Model of GPS Signal with Single Channel.....23

#### 3.1.2 Implementation Architecture of Real-time GPS Signal Simulator with Single Channel.....25

### **3.2 Motional Interpolation Model .....27**

#### 3.2.1 Second-order Motional Interpolation Model .....28

#### 3.2.2 Third-order Motional Interpolation Model .....34

#### 3.2.3 Selection of Frequency of Parameter Updating and Interpolation Interval .....39

### **3.3 Carrier NCO.....44**

#### 3.3.1 Principle of Carrier NCO .....44

#### 3.3.2 Correspondence between Pseudo-range Variety and Control Word of Carrier NCO.....45

#### 3.3.3 Selection of Key Parameter .....47

### **3.4 Code NCO.....48**

#### 3.4.1 Principle of Code NCO .....48

#### 3.4.2 Correspondence between Pseudo-range Variety and Control Word of Code NCO.....49

#### 3.4.3 Selection of Key Parameter .....50

### **3.5 Summary.....51**

## **Chapter4 Design and Implementation of System.....53**

### **4.1 System Scheme .....53**

### **4.2 Design of Main Module .....54**

#### 4.2.1 Parameter Generation Module .....54

#### 4.2.2 IF Signal Generation Module.....59

#### 4.2.3 RF Module .....65

### **4.3 System Hardware and Test .....65**

#### 4.3.1 Figure of Hardware .....65



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库